

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-96866

⑬ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和62年(1987)5月6日

G 01 R 19/02

7241-2G

審査請求 未請求 発明の数 2 (全12頁)

⑮ 発明の名称 電流実効値測定方法および装置

⑯ 特 願 昭61-183541

⑰ 出 願 昭61(1986)8月6日

優先権主張 ⑱ 1985年8月6日 ⑲ 米国(US) ⑳ 763095

㉑ 発 明 者 ヒューゴ スタンレイ アメリカ合衆国 ニューヨーク アヴリル パーク ボツ
ファーガソン クス 9 アール・ディー 2㉒ 発 明 者 デイヴィッド リー アメリカ合衆国 ニューヨーク イースト グリーンブツ
ホリンジャー シュ ドナ リン ドライヴ 6㉓ 出 願 人 ダツファズ サイエン アメリカ合衆国 ニューヨーク トロイ ボックス 85
ティフイック インコ アール・ディー 5
ーポレーテッド

㉔ 代 理 人 弁理士 中村 純之助

明 細 書

1. 発明の名称

電流実効値測定方法および装置

2. 特許請求の範囲

1. 電気回路中の電流の実効値を測定する方法

(ここに前記電流は少なくとも一つのパルスから成る)であって、下記(a)～(d)の各段階から成る電流実効値測定方法。

(a) 前記電気回路中の前記電流の時間に関する一次微分に対応する微分電流信号を測定する；

(b) 前記微分電流信号を一定のサンプリング時間間隔で周期的にサンプリングし、多くのDATA値を得る；(上記サンプリング時間間隔には、サンプリングする時間を含む)

(c) 前記DATA値を周期的に積分し、多くのCURRENT値を得る；

(d) 前記電気回路中の前記電流の実効値を前記CURRENT値から計算する。

2. 特許請求の範囲第1項記載の方法において；

前記サンプリング段階(b)ではN個のDATA値を得ることを含み；

前記積分段階(c)では、前記N個のDATA値を用いて前記微分電流信号を積分し、N個のCURRENT値を得ることを含む(前記周期的積分は、サンプリングの時間間隔の度に行なう)ことを特徴とする電流実効値測定方法。

3. 特許請求の範囲第2項記載の方法において、前記計算段階(d)には下記(1)～(H)の手順を含むことを特徴とする電流実効値測定方法。

(1) 前記N個のCURRENT値を自乗し、そのN個のCURRENT自乗値を合計してTOTAL値を得る；

(H) 前記TOTAL値を、CURRENT値の前記数Nで割り、その平方根を求め、これによって前記電気回路中の前記電流の前記実効値に対応する値を求める。

4. 特許請求の範囲第3項記載の方法において、前記積分段階(c)には下記(1)～(III)の手順を含むことを特徴とする電流実効値測定方

法。

- (i) 前記サンプリング時間間隔中に得られた前記DATA値を、先のサンプリング時間間隔中に得られたDATA値と平均する；
 - (ii) 前記各DATA平均値に、前記サンプリング時間間隔の長さに対応する数を掛けて、N個のSUB-AREA値を求める；
 - (iii) 前記各サンプリング時間間隔中のSUB-AREA値をこれまでのSUB-AREA値の合計に加えて、前記CURRENT値を得る。
5. 特許請求の範囲第4項記載の方法において、段階(a)から(d)までを引き続き繰返すことを特徴とする電流実効値測定方法。
6. 特許請求の範囲第4項記載の方法において、段階(a)で測定した前記微分電流信号は、アナログからデジタル形式に変換されることを特徴とする電流実効値測定方法。
7. 特許請求の範囲第4項記載の方法において、前記サンプリング時間間隔の長さは100マイクロ秒であることを特徴とする電流実効値測定方法。

前記サンプリング段階(b)は更に、前記電気回路中の電流のパルス開始に対応して始めての非ゼロDATA値が得られた時から前記DATA値を求める手順を含み；

前記積分段階(c)は、前記非ゼロDATA値が得られた後に積分操作を行なう手順を含むことを特徴とする電流実効値測定方法。

12. 電気回路中の電流の実効値を測定する装置(ここに前記電流は少なくとも一つのパルスから成る)であって、

前記電気回路中の電流の、時間に関する一次微分に対応する微分電流信号を発生する手段と、

前記微分電流信号発生手段により発生した微分電流信号を受信し処理する手段とから成り、該処理手段は、

前記微分電流信号を一定のサンプリング時間間隔で周期的にサンプリングし、多くのDATA値を得る手段(ここにサンプリング時間間隔にはサンプリング時間を含む)と、

前記DATA値を周期的に積分し、多くの

マイクロ秒であることを特徴とする電流実効値測定方法。

8. 特許請求の範囲第7項記載の方法において、前記電気回路中の前記電流の周波数は50Hzであり、得られたDATA値の数Nは99であることを特徴とする電流実効値測定方法。
9. 特許請求の範囲第7項記載の方法において、前記電気回路中の前記電流の周波数は60Hzであり、得られたDATA値の数Nは82であることを特徴とする電流実効値測定方法。
10. 特許請求の範囲第4項記載の方法において、前記微分電流信号は、空心環状コイルにより測定することを特徴とする電流実効値測定方法。
11. 特許請求の範囲第4項記載の方法において：前記測定段階(a)は、
- (i) 前記電気回路中の前記電流のパルス周期を求める手順；
 - (ii) 前記パルス周期の長さに基づいて、Nの値を選択する手順；
- を含み、

CURRENT値を得る手段と、

前記CURRENT値から、前記電気回路中の電流の実効値を計算する手段とを含んで成る電流実効値測定装置。

13. 特許請求の範囲第12項記載の装置において：前記サンプリング手段は、N個のDATA値を求め；

前記DATA値を周期的に積分する前記手段は、前記N個のDATA値を用いて、前記微分電流信号を積分し、N個のCURRENT値を得るための手段を含む(ここに前記周期的積分手段は、各サンプリング時間間隔毎に動作するものである)ことを特徴とする電流実効値測定装置。

14. 特許請求の範囲第13項記載の装置において、前記処理手段は更に下記の手段を含むことを特徴とする電流実効値測定装置。

前記N個のCURRENT値を自乗し、前記N個の自乗したCURRENT値を合計して、TOTAL値を得る手段；

前記TOTAL値を、得られたCURRENT値の数Nで割り、その平方根をとり、それによって前記電気回路中の電流の前記実効値に対応する値を得る手段。

15. 特許請求の範囲第14項記載の装置において、前記DATA値を積分する前記手段は、下記的手段を含むことを特徴とする電流実効値測定装置。

前記各サンプリング時間間隔中に得られた前記DATA値を、先のサンプリング時間間隔中に得られたDATA値と平均する手段；

前記平均DATA値に、前記サンプリング時間間隔に対応する数を掛け、N個のSUB-AREA値を得る手段；

前記各サンプリング時間間隔の前記SUB-AREA値を、これまでのSUB-AREA値の合計に加算し、前記CURRENT値を得る手段。

16. 特許請求の範囲第15項記載の装置において、前記微分電流信号発生手段は、前記電気回路

の一部をとり囲むような空心環状コイルを含むことを特徴とする電流実効値測定装置。

17. 特許請求の範囲第15項記載の装置において、前記微分電流信号発生手段によって発生する前記微分電流信号はアナログ形式であり、前記処理手段は更に下記的手段を含むことを特徴とする電流実効値測定装置。

前記微分電流信号発生手段により発生した前記アナログ微分電流信号を、前記サンプリング手段が前記微分電流信号を受信する前に、アナログからデジタル形式に変換する手段。

18. 特許請求の範囲第15項記載の装置において、前記サンプリング時間間隔は、100マイクロ秒であることを特徴とする電流実効値測定装置。

19. 特許請求の範囲第18項記載の装置において、前記電気回路の前記電流の周波数が50Hzであり、得られたDATA値の前記数Nは99であることを特徴とする電流実効値測定装置。

20. 特許請求の範囲第18項記載の装置において、前記電気回路の前記電流の周波数が60Hzであり、

得られたDATA値の前記数Nは82であることを特徴とする電流実効値測定装置。

21. 特許請求の範囲第15項記載の装置において、更に前記電気回路中の電流の前記実効値を視覚的に表示する手段を含むことを特徴とする電流実効値測定装置。

22. 特許請求の範囲第15項記載の装置において、更に、前記電気回路中の電流のパルス周期を求める手段と；

前記パルス周期の時間長に基づいてNの値を選択する手段と；

前記電気回路中の電流のパルス開始に対応して、初めての非ゼロDATA値が得られた時から前記DATA値を求める手段とを含み；

前記積分手段は、前記非ゼロDATA値が得られた後に、前記DATA値の積分操作を行なうようになっていることを特徴とする電流実効値測定装置。

3. 発明の詳細な説明

〔発明の利用分野〕

本発明は電流の実効値(RMS値)測定に関するもので、更に特定すれば、電流波形の一次微分波形からワン・ステップで実効値を測定する方法および装置に関する。

〔発明の背景〕

交流および直流電流波形の実効値(RMS値)測定は、バーブラウン(BURBROWN)4340とか4341というような真正のRMS-DC変換用集積回路の開発によって近年随分簡便化してきた。これ等集積回路は、それぞれ単一のマイクロチップであって、入力波形の実効値に等しい直流出力を提供する。測定を行なっている時間が波形の個々の変動に比べ長いものであれば、平均をとる時間も相当長くなり、出力は非常に精密な測定値となる。しかし、平均時間が短くなって、それぞれの変動の持続時間が全測定時間にまでおよぶと、測定値はより不正確なものとなる。

かつては、持続時間が短く、変動もほんのわずかな波形の実効値測定は、特殊な専用の実効値測定回路を用いて行なった。米国特許第3,201,688

号および第3,280,078号をここに参考のため引用すると、これ等は、変動の基本周波数が既知で、固定している場合の短期間の波形測定方式を開示している。この方式の回路を用いることによって、単一の変動、すなわちパルスに対して実効値の測定を行なうことが可能であり、また一方、その測定された実効値は、同じ固定した基本周波数で同じような変動が複数ある波形にも関連づけることができる。しかしながら、変動の基本周波数が未知であったり、可変であったりした場合には、これらの特許に開示された回路は適当ではない。加えて、これらの回路が正しく動作するのは、被測定波形が正弦波またはこれに近い場合に限る。

大電流加熱および溶接回路における電流の実効値測定には、特別な考慮を必要とする。信号の測定には普通、大電流用の分流器、ホール効果トランスジューサ、変流器または空心環状コイル（ログウスキー・コイルまたはベルトともいう）が用いられるが、これらの方法にはいずれも限界がある。大電流用分流器は、高価であり、大半のシス

テムにおいて、これを組込むことは困難であり、また物理的に大きいという理由で、システム寸法の増大をきたし、回路に障害をきたす。ホール効果トランスジューサは、姿勢と温度の影響を受けやすく、直線範囲に制限がある。大電流用変流器は高価で、かさ張り、直線範囲に限度があり、回路に障害をきたす。一方、空心環状コイルは経済的で、小さく、回路への配置が容易で、回路を障害することが少なく、直線範囲も大きい。しかしながらこの出力は、被測定回路電流の時間に関する一次微分に比例したものである。従って、空心環状コイルを用いる場合には、実効値算出前に電流波形を得るため、空心環状コイルが発生した一次微分波形を積分することが普通必要である。

入力信号を得るため、空心環状コイルを用いて電力線周波数における短時間の大電流交流パルスの実効値を測定する装置は多数あるが、いずれも実効値を得るにあたって、何等かの形の電氣的積分を行なっている。空心環状コイルから余弦波出力を生ずる純正弦波の場合のみが例外である。こ

の場合微分結果は、位相がずれること以外初めの波形と同じである。

積分器は一般に、能動、受動の二つの形があり、それぞれに得失がある。受動形積分器は、安定であるが低出力である。能動形積分器は、大出力で幾分かの直流ドリフト、周波数範囲の限度があり、非常に低い周波数の信号を積分する場合にはしばしば出力に低周波振動が発生し、その結果“ロッキング”出力となる。実効値測定にあたっては、まず能動形積分器を用い、そのあとに何等かの形の専用RMS集積回路をあてる。

現在使用されている大電流システムの大半が、電流レベルを大電流用シリコン制御整流器（SCR）を用いて制御し、電力線電圧の各半サイクルが始まった後、短時間で電流システムをターンオンしている。しかしこのシステムでは、電力線電圧の各半サイクルに対し、その全半サイクルよりも短いサイクルの間しか電流出力がない。測定された電流実効値は、回路の電流制御に使用するものであるから、電流実効値の発生装置は正確なも

のでなければならない。正確な電流実効値を得るには、電流が0でないサイクル部分だけではなく、全半サイクルに亘って電流を測定すべきである。もしも電流が0でない半サイクル期間のみで電流実効値を決定すると、得られた電流実効値は真の電流実効値より大きなものとなり、これでは回路電流の正確な制御はできない。

〔発明の概要〕

本発明によるワンステップの実効値測定方法では、空心環状コイルを用いて、電流信号波形の時間に関する一次微分を測定する。空心環状コイル（ログウスキー・コイルまたはベルト）からの出力は、電流波形の時間に関する一次微分である故、この信号を積分して電流波形を得る必要がある。本発明によるワンステップ実効値測定方法では、電流波形は電氣的積分によらず、数学的な積分により得ており、これによって、動作周波数範囲の制限も含め、能動および受動の電氣的積分器使用から起こるすべての欠陥を除去している。空心環状コイルを使用することで、この特殊トランスジ

ユーサのすべての利点を得られる。電流波形を得るための電氣的積分過程を省略できるということは、システムのコストを低減し、短時間の直流信号や、時間的に変化する直流信号、また如何なる周波数のAC信号、如何なる波形に対する実効値測定をも可能とし、かつ、飽動形積分器の低周波動作で起きるロッキングの問題をも解消する。

従って、本発明の実効値測定方法によれば、簡単に費用のかからないシステムによって、低周波数、微小変動、大振幅、あるいは短持続時間といったことのあり得るアナログ電流波形の実効値を得ることができる。更に、本発明により、一次微分波形を電氣的に積分する第2のステップなしで、一次微分波形から直接ワンステップで波形の実効値を得ることができる。その上、得られる実効値は被測定波形の時間軸とは関係ない。

これらの目的は他の目的も含め、本発明に則り、次のようにすることにより達成される。即ち、電流波形をまず電氣的に得るということをしないで、空心環状コイルから発生した一次微分波形から直

接実効値を求めることである。ある波形、あるいはその一部の実効値を求めるには、信号をデジタル形式に変換し、空心環状コイルから発生する波形の一次微分をサンプリングする。そのサンプリングと変換は、1個の波形あるいは分析中の期間につきN回行なう。各サンプリングと変換が完了する度に、微分波形振幅の瞬時値を示すデジタル数を用いて、その時の電流の瞬時値を求める。この電流値は、自乗してそれ迄の自乗値に加える。各自乗値は、N回のサンプリングと変換が終了するまで合計する。この時点で最終合計をNで割り、平方根をとって実効値を得る。この手順によれば、Nの数には制限はなく、0から非常に大きな数に亘る範囲のどれでも良い。その上、波形は形状や周波数が如何なるものであっても良い。

本発明の一実施例では、単相抵抗溶接機の大電流を空心環状コイルで測定する。コイルの出力は、マイクロコントローラとよばれる大規模集積回路中のアナログーデジタル(A/D)コンバータの入力に供給する。マイクロコントローラとは、内

部タイマと入/出力(I/O)ポートを持った完全なマイクロプロセッサ・システムである。このマイクロコントローラの内部タイマは、予め定めた時間間隔でA/Dコンバータの動作を起こさせる。A/Dコンバータが変換を終る度に、デジタル語がランダム・アクセス・メモリ(RAM)に記憶される。その値は、次に電流の瞬時値を求めるときに用いる。自乗したあと、この値は、先に記憶してある自乗値合計に加え、RAMに記憶させる。N回の変換が終わると、最後の自乗値合計をNで割って、平方根をとり、これが求める電流実効値となる。単相溶接機の場合は、溶接機の動作に用いる瞬間電圧にNのカウントを同期させる。溶接パルスの間、電流は一般に各半サイクルの一部分でしか流れない故、各半サイクルの瞬時電流値中あるものは0である。しかしながら、Nは全半サイクルをカバーするように選んであるので、求めた実効値は半サイクル期間全部に亘るものであり、半サイクル期間の一部だけのものではない。このように全半サイクル期間を用いること

によって、半サイクルの小部分のみで行なった測定が、半サイクル以上の長い溶接パルスについて行なった測定に対応することになる。

本発明のもう一つの特徴は、微分信号に対するサンプリング数Nとサンプリング間隔とを特定の波形とは無関係にできるということである。Nの選択如何で、計算値の分解能は決定される。Nを増して、サンプリング間隔を減らせば、実効値は短い算出期間の電流波形振幅に近づく。N回のサンプリングの間の周期を選ぶことで、実効値を求める期間が決まる。かくして、長時間のパルスから成る波形の如何なる部分の実効値も求められる。

上記した本発明の目的およびそれ以外の目的、さらには本発明の特徴と利点については、本発明の好適実施例に関する以下の詳細説明でより充分明らかにできよう。

(実施例)

第1図は、本発明のワンステップ実効値測定方法および装置の実施例を図式的に表わしたもので、単相抵抗溶接機、空心環状コイル、およびマイク

ロコントローラを用いて、本発明の教えることを具現したものである。本発明はこの外にも例えば、電気式加熱システムや電力線といった他のシステムの電流実効値の測定にも用いることができる。

第1図中で、单相抵抗性接機10は1対の電力線12によって電力の供給を受ける。変圧器14は電力線電圧を適降し、二次回路16および被加熱物20を加熱する電極18への電極電流を増大させる。二次回路16を流れる電極電流が測定すべき電流であり、この電流の実効値を求めるものとする。変圧器14に与えられる電力線電圧は、SCRスイッチ22、SCR駆動装置24および溶接制御器26によって制御される。電力線12、変圧器14およびSCRスイッチ22が一次回路を構成する。空心環状コイル30(ログウスキー・コイルまたはベルトともいう)は二次回路16の一部をとり囲んでおり、これは、二次回路16のどの点に配置しても良い。電極電流は普通固定した周波数と周期をもつ。二次回路16を通る電極電流の変化は、空心環状コイル30に起電力(EMF)を誘起する。このEMFは、空心

環状コイル30によって微分電流信号を発生し、この信号は二次回路16を流れる電極電流によって誘起する磁界の変化率に比例する。従って、空心環状コイル30を流れる微分電流は、二次回路16を流れる電極電流の時間に関する一次微分に比例する。一次微分電流信号を生ずる他の装置を空心環状コイルに代わって使用することもできる。

空心環状コイル30からの信号は、配線32と34を通してマイクロコントローラ40の入力側に加える。基準システム42はマイクロコントローラ40に許容される入力信号範囲の半分に等しい電圧を提供する。マイクロコントローラ40は、他のマイクロコントローラまたは同一機能の他の装置も使用できることではあるが、実例を示せば、カルフォルニア州、サンタクララのインテル社製MCS^R-96(8096)またはMCS^R-97(8097)マイクロコントローラである。マイクロコントローラ40の入力信号範囲は普通約0から5Vである。従って、基準システム42は約2.5Vにセットし、正負等しい振幅の信号がマイクロコントローラ40で測定で

きるようにする。配線32と34上の入力信号は、択一的に整流して単一の極性とし、基準システム42の必要をなくすこともできる。しかしこの代替手段はアナログからデジタルへの変換範囲を1ビット増加することになり、システムにある程度の不正確さと、ある程度の直流ドラフトをもたらす可能性がある。

マイクロコントローラ40の動作を助けるものとして、電源装置44と、これに関連するゼロクロス検出器46がある。ゼロクロス検出器46は、電力線周波数の半サイクル時間長に等しい長さのパルスを提供する。この信号は二次回路16の電流実効値算出用の正しい時間軸を開始するのに使用する。デジタル・データ表示器48は、マイクロコントローラ40が算出した電流実効値の表示に用いる。マイクロコントローラのポート出力で動作することのできるデジタル表示器の種類は多いが、デジタル表示器48の分解能は、マイクロコントローラ40が収集したデータを解析するのにふさわしいものでなければならない。

ランダム・アクセス・メモリ(RAM)50、および消去可能プログラマブル読取り専用メモリ(EPROM)52は、マイクロコントローラ40の動作に必要なメモリを提供する。マイクロコントローラ40を制御し、第2図および第3図の流れ図に示しかつ以下に詳細説明するソフトウェア・システムは適宜EPROM52に記憶される。RAM50は、以下に詳細説明する如く、測定計算した異なるパラメータによる進行中の値を適宜記憶するのに用いる。RAM50とEPROM52は、制御線54およびデータ・アドレス・バス56を経てマイクロコントローラ40に接続する。マイクロコントローラ40はアナログ・デジタル(A/D)コンバータ、高速の入力・出力(I/O)ポート、タイマ、その他の構成要素をもっている。A/Dコンバータは、下記説明でも述べるように、予め選んだ時間間隔で図線32と34上で受信した入力信号のサンプリングを行ない、その入力アナログ信号をデジタル信号に変換する。このデジタル信号はそのあと、マイクロコントローラ40の他の構成要素に供

給する。

第2図および第3図に示す流れ図は、本発明のワンステップ実効値測定方法を実現し、電流実効値の測定を可能とするソフトウェアを描いている。第1図に示すハードウェア・システムは、第2図、第3図に示すソフトウェアを実行するためのものである。特にハードウェア・システムには、アナログ信号をデジタル形式に変換し、パルス幅を測定し、時間による割り込みを行ない、与えられた時間制限内での各種数学的計算を行なう能力がなければならない。先に開示したインテルMC8[®]87は、これらの能力を備えた典型的なハードウェア・システムである。

第4図中、波形60は時間の関数としてプロットした電流波形の例である。波形60は、既知の固定した周波数および周期を持ったものではあるが、未知の周波数や周期を持つ他の波形でも測定は可能である。空心環状コイル30によってもたらされた波形を波形62として示す。波形62はしたがって、波形60の時間に関する一次微分である。マイクロ

これは、半サイクルに等しい時間幅をもったパルスを出力するゼロクロス検出器46と結合している。マイクロコントローラ40の高速I/Oポートを用いて容易に行なうことができる。パルスの周期、即ち電流の半周期の間に、マイクロプロセッサ40は測定すべき電力線12の電力信号の基本周波数（これは従って二次回路16の電流のそれでもある）を判定することができる。

判断ブロック72では、電流の周波数が60Hzであるか50Hzであるかを判定する。他の周波数に対しては、こういった技能に習熟している人々にとっては明白な、ソフトウェアの変更を適宜行なうことで対応できる。更に、ソフトウェアに修正を行なって、二次回路16での電流測定が以下更に詳述するように、電流波形の周波数または波形と無関係なものにすることもできる。ブロック74は50Hz動作に対し、時間軸に依存する変数の初期設定を行ない、同様にブロック76では50Hz動作に対して同じことを行なう。これらの変数を特定すれば、パルス期間、即ち半サイクル当りにとるサンプル

コントローラ40のA/Dコンバータを通して、波形62の大きさをサンプリングすることにより、ソフトウェアは波形60の実効値を予め定めた間隔で計算する。この間隔は、電流の半周期、即ちパルスの周期に等しく以下に記述するように $(N \times dt) + t_{rem}$ に等しい。ここに説明するシステムは、一定の時間間隔 dt で波形62をサンプリングする。波形62をサンプリングする毎に、ソフトウェア・システムはその時点の電流値(CURRENT_j)を計算し、その電流値の自乗をそれまでの合計(TOTAL_j)に加える。取ったサンプルの数 N がシステムの確度を決定する。実効値を得るための個々の計算を、第2図および第3図の流れ図を参考にして、以下詳細に説明する。

第2図に示す流れ図は、本発明の実効値測定システムを初期設定するために用いるソフトウェア・システムを表わしている。この初期設定は、電源投入時にのみ必要なものであって、実効値測定計算の度に行なう必要はない。ブロック70は、電力線の基本周波数の半サイクル幅を測定する。こ

数 N 、および特定動作周波数向けに N に関連のある残余時間(t_{rem})である。 N は、100マイクロ秒の固定したサンプリング時間間隔に基づいて決定する。残余時間 t_{rem} は、入力波形60および62に対しシステムの同期を確保するためのものである。かくして、50Hzで動作する場合には、 N は99、 t_{rem} は100マイクロ秒に設定する。 N と t_{rem} は、パルス期間、即ち $(N \times dt) + t_{rem} = (99 \times 100 \text{ マイクロ秒}) + 100 \text{ マイクロ秒} = 10,000 \text{ マイクロ秒}$ にマッチするよう選択する。半サイクル即ちパルス周期の持続時間(10,000マイクロ秒)は、もし $N = 100$ であれば $dt = 100 \text{ マイクロ秒}$ で等分できるものであり、 t_{rem} の必要はないわけであるが、 t_{rem} が必要になるよう N には99を、 t_{rem} には100マイクロ秒を選んである。こうすることによって、サブルーチンは、次の説明によって更に明らかになるように、異なった電流、あるいは対応する電力線の周波数に対しても動作するよう変換することが容易となる。

60Hzで動作する場合には、半サイクルの持続時

間(8,333マイクロ秒)が $dt=100$ マイクロ秒で等分できないという理由で、 t_{rom} の値が必要である。システムを60Hzと同期をとるため、最後のサンプル時間を133マイクロ秒に延長する。 N と t_{rom} をこのように選択することによって、半サイクル即ちパルス期間全体として $(82 \times 100 \text{マイクロ秒}) + 133 \text{マイクロ秒} = 8,333 \text{マイクロ秒}$ をもたらすことになる。実は、この N は83に、そして残余時間を33マイクロ秒に選ぶことも可能ではあるが、これは、プロセッサに33マイクロ秒という短縮した時間でサンプル計算を完了する能力を要求することになる。 $N=82$ とすれば、この時間制約は緩められ、必要な全計算を完了するのに、プロセッサには100マイクロ秒を超える時間が与えられる。次に N と t_{rom} の望ましい値がRAM50に適宜記憶され、マイクロコントローラ40が、あとでこれを使用する。これ以外の周波数に対しては、他の値を N および t_{rom} に選択する。

変数初期設定ブロック78では、主プログラムで使った変数は、その値を0に初期設定して、適

割込みサービス・ルーチンは、次回のタイマ割込みを可能とし、電流実効値を求めるうえで必要な全計算を扱う。本システムは、割込み制御によるものである故、実効値の統計を維持するとか、データの表示といったフォアグラウンド・タスクの実施が可能である。第2図に示す次頁への連結ブロック82は、このようなフォアグラウンド・タスクへの入口を表わす。

第3図に示す流れ図は、時間基準の割込みに対する割込みサービス・ルーチンを表わしている。割込み発生の際に、データを空心環状コイル30からサンプリングし、以下に詳述するように計算に使用することができる。

第3図に示す割込みサービス・ルーチンの第1段階は、次の割込みを可能とすることである。判断ブロック90で、 $j=N$ であるかどうかを判定する。もし j が N に等しければ、この割込みは最後の割込みであり、従って半サイクルのデータ中、最後のサンプルを現在計算中である。この状態は、次の割込みが、 t_{rom} に等しい時間計数で可能にな

る。これらの値をRAM50に記憶させる。これら変数は、電流値の自乗の現在合計値TOTAL、時刻0における電流波形の値CURRENT、半サイクルの間、波形について既にとったサンプル数を追跡するための計数値 j 、時刻0における一次微分波形の値 di/dt である。

ブロック80は、時間による割込み可能なことを表わす。この割込みは、マイクロコントローラ40のタイマとI/Oポートによって決まる。タイマは計数器であって、マイクロコントローラ40内で常に動作している。ソフトウェアはタイマ内の計数値に基づいて割込みを準備する。タイマが指定の計数値に達すると割込みが起きる。タイマ内の計数値を読み、次にこれにあるオフセット値を加えることによって相対的時間基準の割込みが発生する。ブロック80内で可能となった割込みは、その可能となった時から100マイクロ秒後に発生する。

初期設定のルーチンは、タイマ割込みが可能となったところで完了する。タイマ割込みに対する

なければならないことを示している。これによってプロセッサは、電流波形60の半サイクル時間との同期を確保する。ブロック94がこの動作を示す。ブロック82は、 j が N に等しくない場合のものである。時間基準の割込みは、時間計数が100マイクロ秒の dt に等しくなった時に可能となる。これは次の割込みが、前に起きた割込みの100マイクロ秒後に起きることを意味する。

ブロック96は、空心環状コイル30からデータをサンプリングするプロセスを表わす。このプロセスは、コイル30からのアナログ値をマイクロコントローラ40のA/Dコンバータを用いて、デジタル形式に変換することによって遂行する。変換が完了すると、データがA/DコンバータからRAM50に読取られる。

第3図のブロック98、100、102および104は、測定システムを始動させる。プログラムは、空心環状コイル30から有効で、ゼロではない値が読取られるのを待って、測定のプロセスを開始する。こうすることによって、半サイクルの測定プロセ

スは電流パルスの開始に同期する。

判断ブロック98では、測定プロセスが既に開始されたかどうかをチェックする。プロセスが未だ始まってなければ ($j=0$)、判断ブロック100は空心環状コイル30から読取ったばかりのデータ値でプロセスを開始させるべきかどうかを判定する。読取ったデータ値が0であれば、電流パルスは未だ始まっておらず、出口104はプロセッサに対する制御をフォアグラウンド・ルーチンに戻す。もしも読取ったデータ値が0でなければ、測定プロセスを開始する。これはブロック102に、RAM 50中の j に対し、1の値をあてることによって示してある。このことは、現在の半サイクルの間に空心環状コイル30から始めて有効データ値が検出されたことを意味する。

ブロック106では、測定プロセスの間、空心環状コイル30からデータをサンプリングする度に、実際の計算を行なう。コイルから読取ったDATA値は、 di/dt_j にあてられ、

$$di/dt_j = DATA$$

第3図に見るように、ブロック102において、新しい半サイクルに対し、空心環状コイル30から初めて有効データ値が検出されると(ブロック102では j に1の値が割り当てられている)、ブロック106では、 $j=1$ である故、SUB-AREA₁が次式により計算される：

$$\begin{aligned} SUB-AREA_1 &= [(di/dt_1 + di/dt_0)/2] \times dt \\ &= [(di/dt_1 + 0)/2] \times dt \\ &= [(di/dt_1)/2] \times dt \end{aligned}$$

j が N に等しいときには、判断ブロック108は測定中の波形に対し N 値全部が処理済みかどうかを判定する。もしも j が N に等しくないときは、ブロック110が示すように、 j を1だけ増し、プロセッサの制御をフォアグラウンド・ルーチンに戻す。前にも述べたように、フォアグラウンド・ルーチンの処理に対し、ブロック92または94で設定した時刻に割込みを行なう。この割込みが起きると、割込みサービス・ルーチンではブロック90から始まる処理が行なわれる。

もしも j が N に等しければ、波形に対する測定

となる。

これは、時刻 $j \times dt$ における微分波形62の値で、後の処理に使用するため適宜RAM 50に記憶させておく。次に第4図に示すように、 $j \times dt$ と $(j-1) \times dt$ の間で、微分波形62の下にある面積SUB-AREA_jが、数学的な積分で下記の如く近似的に求められる：

$$SUB-AREA_j = [(di/dt_j + di/dt_{j-1})/2] \times dt$$

この値は適宜RAM 50に記憶され、下に示すような時刻 $(j-1) \times dt$ における、先の計算結果CURRENT_{j-1}の値に加算される。

$$CURRENT_j = CURRENT_{j-1} + SUB-AREA_j$$

この値は適宜RAM 50に記憶し、次の処理に使用する。最後に、CURRENT_jの自乗をTOTAL_{j-1}の値に加算してTOTAL_jを得るが、このTOTAL_jは次に示すように、CURRENT自乗値の現在の合計である：

$$TOTAL_j = TOTAL_{j-1} + (CURRENT_j)^2$$

TOTAL_jの値はこうして適宜RAM 50に記憶される。

はすべて処理し終わっている。最後の計算がブロック112でなされ、電流自乗値合計TOTAL_jをとって実効値を求める。これはTOTALを N で割ってその平方根をとったTOTAL_Nに等しい。この計算の結果、電流実効値である。

$$I_{RMS} = (TOTAL_N/N)^{1/2}$$

が求まる。

ブロック112においては、次の半サイクルでの測定に備えて、変数もまたリセットされ、0に再初期設定される。更に詳しくは、 j 、TOTAL、CURRENT、 di/dt はすべてゼロに設定し、これらの値をRAM 50に記憶させる。この時点で、プロセッサの制御は上に述べた如くフォアグラウンド・ルーチンに戻し、電流実効値はデジタル表示器48に表示し、次の半サイクルの引き続く測定は、次の非ゼロ・データ値が空心環状コイル30から読込まれるや、開始される。

特定の実施例と関連づけて、この発明を説明してきたが、数多くの代替手段、修正、変更および利用法は今迄の説明で、技能に習熟した人々にと

っては明白である。例えば、被測定の特定期波形状によってはサンプリング間の時間 dt を変更し、より高い、あるいはより低いサンプリングレートとすることができ、それにより広範囲の波形状の実効値測定が可能となる。異なる周波数をもった波形状の実効値は、 N と t_{res} の値を適当に選ぶことによって測定できる。

本発明による実効値測定方法を実施するために用いたソフトウェア・プログラムを修正して、単一パルスのみで電流波形、あるいはいくつかの異なる長さのパルスから成る波形状の実効値を容易に求めることができる。例えば、電流波形を3種のパルスから構成できる（これは周期的な繰返しであってもなくても良い）。ここに、第1パルスは正極性で持続時間0.5秒、第2パルスは負極性で持続時間1.0秒、第3パルスは正極性で持続時間0.5秒である。この電流波形は、数パルスの平衡した波形ではあるが、第4図に示した波形状60のような対称的周期的なものではない。

更に、上にも述べた如く、第2図の流れ図で説

明した初期設定のソフトウェアを修正して、二次回路16中の電流測定が電流波形の周波数や形状とは無関係なものとするができる。この修正は例えば、被測定電流波形が電力線の半サイクルに等しいか、これより大きいパルスであるときに有用である。もしも被測定波形が数秒間のパルスのいくつかからできているときは、パルス毎に2回以上実効値を求めることが望ましい。というのは、電流実効値をより頻繁に監視することが望まれるであろうからである。そのような場合、ソフトウェアは実際には長いパルスをいくつかの部分に分割して、各部分毎に実効値を求める。これは、電流波形の形状または周波数に必ずしも依存する必要のない N と t_{res} に特定の値を選ぶことで達成できる。更に、第3図の流れ図で説明した割込みサービス・ルーチンを任意に修正して長いパルスの部分すべてについて求めた実効値を平均し、各長時間パルスの平均実効値を求めることもできる。ソフトウェアのこのような修正によって、周波数コンバータや直流溶接機によくある電流波形の実

効値測定が可能となる。これらの機器の電流パルスは、単相抵抗溶接機のそれより長時間であり、従ってパルスの部分測定のための上述したソフトウェアの修正は、パルス持続時間が如何に変わろうとも、また1パルスでなくなろうともこれらパルスの実効値測定を可能とするものである。

4. 図面の簡単な説明

第1図は、単相抵抗溶接機に適用した本発明によるワンステップ実効値測定方法および装置の実施例の概略図；

第2図は、本発明によるワンステップ実効値測定方法の実施例で用いた初期設定手順を説明する流れ図；

第3図は、本発明によるワンステップ実効値測定方法の実施例で用いた時間による割込みサービス・ルーチンの流れ図；

第4図は、代表的な入力波形状の1サイクルと、本発明のワンステップ実効値測定方法により解析を行なったこの波形状の一次微分とをグラフ化した図である。

- | | |
|----------------|------------|
| 10…単相抵抗溶接機 | 12…電力線 |
| 14…変圧器 | 16…二次回路 |
| 18…電極 | 20…被溶接物 |
| 22…SCRスイッチ | 24…SCR駆動装置 |
| 26…溶接制御器 | 30…空心環状コイル |
| 32, 34…配線 | |
| 40…マイクロコントローラ | |
| 42…基準システム | 44…電源装置 |
| 46…ゼロクロス検出器 | |
| 48…デジタル・データ表示器 | |
| 50…RAM | 52…EPROM |
| 54…制御線 | |
| 56…データ・アドレス・バス | |

代理人 井理士 中 村 純 之 助

図 1

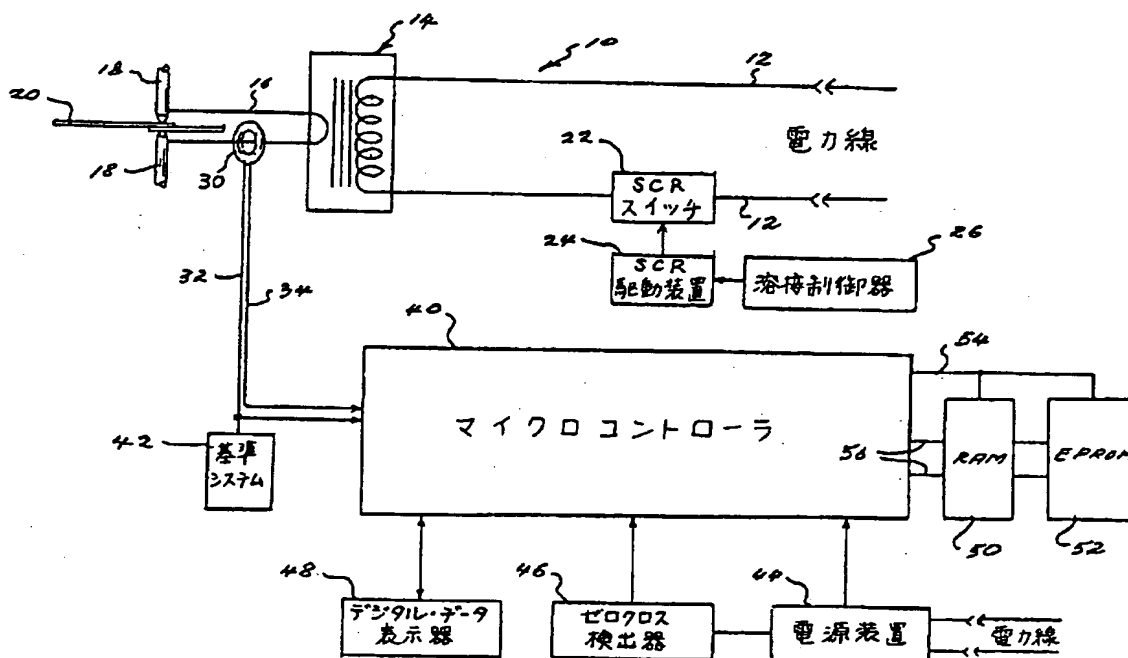


図 2

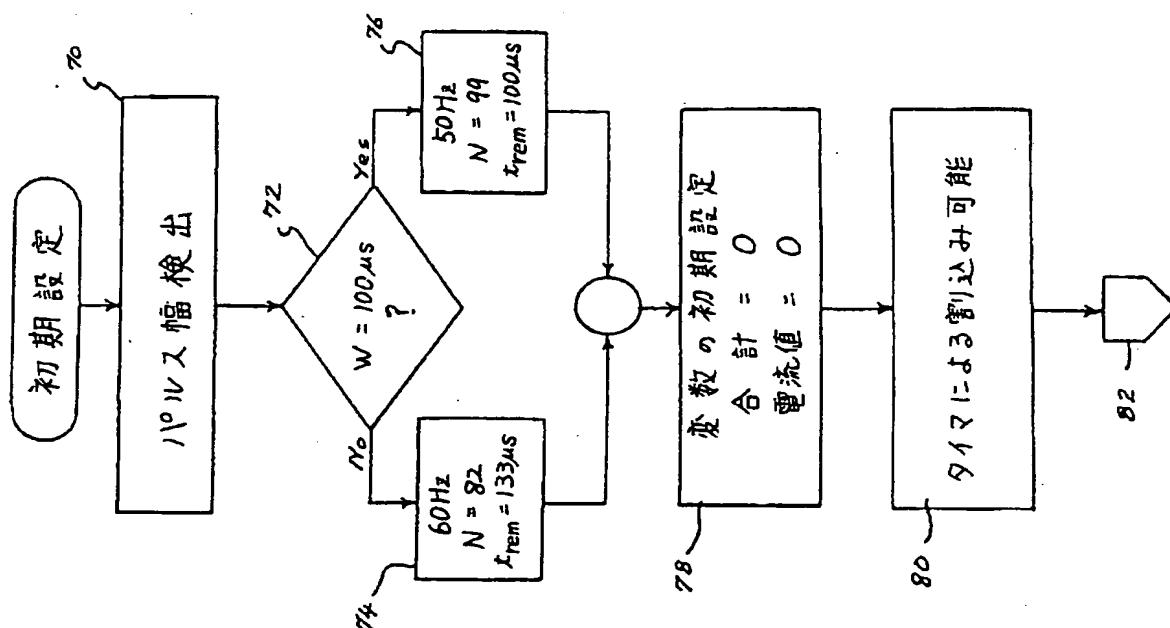


図 3

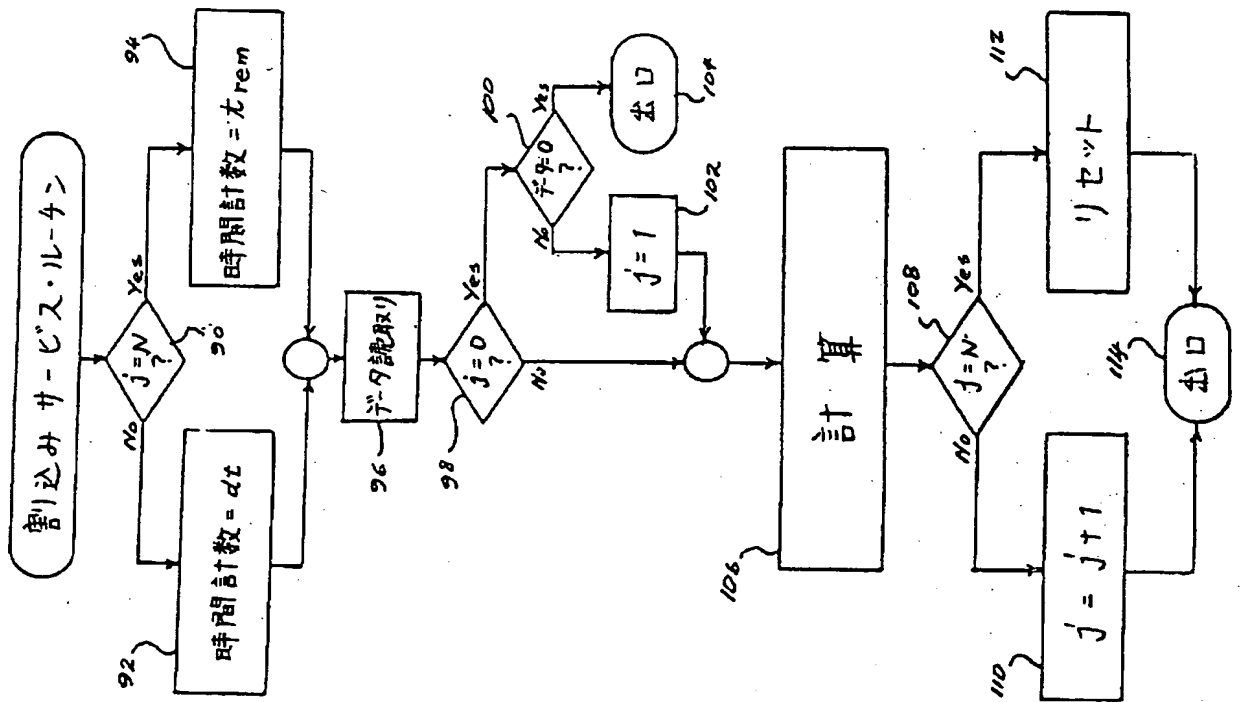
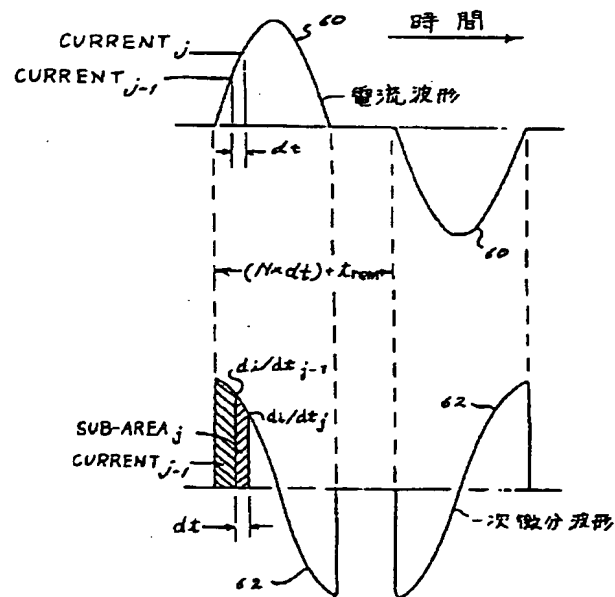


図 4



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第6部門第1区分
 【発行日】平成5年(1993)6月29日

【公開番号】特開昭62-96866
 【公開日】昭和62年(1987)5月6日
 【年通号数】公開特許公報62-969
 【出願番号】特願昭61-183541
 【国際特許分類第5版】
 G01R 19/02 9016-2G

手 続 補 正 書

平成 4 年 5 月 14 日

特許庁長官 殿

1. 事件の表示 昭和61年特許願第183541号

2. 発明の名称 電流実効値測定装置及びその方法

3. 補正をする者

事件との関係

特許出願人

名 称 ダッファズ サイエントフィック
 インコーポレーテッド

4. 代 理 人

住 所 (〒100) 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号
 新丸ノ内ビルヂング3階44区(電話3214-0502)
 氏 名 (6835) 井理士 中 村 純 之 郎

5. 補正の対象 発明の名称、明細書の特許請求の範囲、発明
 の詳細な説明、図面の簡単な説明の各欄

6. 補正の内容 添付別紙のとおり

補正の内容

1. 発明の名称「電流実効値測定方法および装置」を、「電流実効値測定装置及びその方法」と訂正する。

2. 特許請求の範囲を添付別紙のとおり訂正する。

3. 明細書の発明の詳細な説明の欄を次のとおり補正する。

(1) 第10頁第3行「ワン・ステップで」を、「電流」に訂正する。

(2) 第10頁第3行「方法」を、「装置」に訂正する。

(3) 第10頁第4行「装置」を、「その方法」に訂正する。

(4) 第14頁第9行「ワンステップの」を、「電流」に訂正する。

(5) 第14頁第9行「方法」を、「装置」に訂正する。

(6) 第14頁第15行「ワンステップ」を、「電流」に訂正する。

(7) 第14頁第15行「方法」を、「装置」に訂正する。

(8) 第15頁第8行「本発明の」と「実効値」との間に「電流」を挿入する。

(9) 第15頁第8行「方法」を、「装置」に訂正する。

(10) 第17頁第8行「自乗」の前に、「電流値を」を挿入する。

(11) 第18頁第18～19行「ワンステップ実効値測定方法および装置」を、「電流実効値測定装置及びその方法」に訂正する。

(12) 第18頁第20行「単相抵抗誘導機」の後に、「10」を挿入する。

(13) 第18頁第20行「空心環状コイル」の後に、「30」を挿入する。

(14) 第19頁第1行「コントローラ」の後に、「40」を挿入する。

(15) 第21頁第6行「ドラフト」を、「ドリフト」に訂正する。

(16) 第23頁第3行「ワンステップ」を

「電流」に、「方法」を「装置」に、「実現」を「作動」にそれぞれ訂正する。

(17) 第23頁第6行「ソフトウェアを実行するための」を、「ソフトウェアにより実行される」に訂正する。

(18) 第24頁第12行「確度」を、「精度」に訂正する。

(19) 第25頁第20行「パルス期間、」を、「パルス周期」に訂正する。

(20) 第26頁第1～2行「向けでNに関連のある」を、「についての」に訂正する。

(21) 第26頁第8行「期間」を、「周期」に訂正する。

(22) 第28頁第7行「時間による割込み可能な」を、「最初の時間基準の割込みを可能とする」に訂正する。

(23) 第29頁第15行「次」を、「次回」に訂正する。

(24) 第33頁第10行「JがNに等しいときには、」を削除する。

(25) 第33頁第11行「N」を、「N個の」に訂正する。

(26) 第33頁第12行「もしも」の前に、「N個の値全部が処理済みとなるのはJがNに等しい時である。」を挿入する。

(27) 第34頁第2行「TOTAL」を、「TOTAL_Nに等しいTOTAL」に訂正する。

(28) 第34頁第3行「とって実効値を求める。これはTOTALを」を、「とり、この値を」に訂正する。

(29) 第34頁第4～5行「割ってその平方根を取ったTOTAL_Nに等しい。」を、「割って、その平方根を取って、電流実効値が求められる。」に訂正する。

(30) 第34頁第5行「である、」を削除する。

3. 明細書の図面の簡単な説明の欄を次のとおり補正する。

(1) 第37頁第9、第11、第14、第18

行の「ワンステップ」を、「電流」に訂正する。

(2) 第37頁第9行「方法および」を削除する。

別紙

特許請求の範囲

1. ある絶対値を有し、電力線信号から発生される脈動信号の実効値を求める装置において、上記電力線信号は実質的に一定の周期を有し、上記脈動信号の絶対値は、上記電力線信号の半周期に実質的に等しい周期と上記半周期に等しいか少ない持続時間を有し、上記装置は以下の手段からなる装置。

上記脈動信号におけるパルスの実質的始点で始まり、その後上記半周期の実質的に全持続時間の間継続して、対応するサンプル値を発生する既定の实質的に等しいサンプリング間隔において、脈動信号のサンプルを作り出すための手段。

上記サンプルを作り出すための手段に反応して、上記サンプル値の各々を二乗して、対応する二乗値を発生するための手段。

上記二乗手段に応じて作用する、上記二乗値の各々を累積して合計値を作り出すための手段、

上記二乗手段に反応して、上記半周期の間に個々のサンプルが取られ累積される全数に等しい数によって、上記合計値を除算して中間値を生ずるための手段。

及び

上記除算手段に反応して、上記中間値の平方根を求め上記脈動信号の実効値を生ずるための手段。

2. 電力線信号から発生される脈動信号の実効値を求める方法において、上記電力線信号は既知の実質的に一定の周期を有し、上記脈動信号はある絶対値を有し、その絶対値は、上記電力線信号の半周期に実質的に等しい周期と上記半周期に等しいか少ない持続時間を有し、上記方法は以下の段階からなる方法。

上記脈動信号におけるパルスの実質的始点で始まり、その後上記半周期の実質的に全持続時間の間継続して、対応するサンプル値を発生する既定の实質的に等しいサンプリング間隔にお

いて、脈動信号のサンプルを作り出すための段階。

上記サンプル値の各々を二乗して、対応する二乗値を発生するための段階。

上記二乗値の各々を累積して合計値を作り出すための段階。

上記半周期の間に個々のサンプルが取られて累積される全数に等しい数によって、上記合計値を除算して中間値を生ずるための段階。

及び

上記中間値の平方根を求めて上記脈動信号の実効値を生ずるための段階。